

Модель ценовой политики предприятия с неопределенной эластичностью

А. С. Белова

*Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова
Российской академии наук*

belova@ipu.ru

О. И. Дранко

*Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова
Российской академии наук*

olegdranko@gmail.com

Аннотация. Представлена модель оптимизации ценовой политики предприятия, ориентированная на критерии максимизации прибыли и выручки. В основе подхода лежит концепция эластичности прибыли, позволяющая выявлять предпочтительные ценовые решения. Для учета неопределенности исходных параметров разработана нечеткая модель оптимизации прибыли, функции принадлежности которой построены на основе фактических данных финансовой отчетности российских организаций. Выполнены расчеты для выборки предприятий, относящихся к коду ОКВЭД-2 «27.12 Производство электрической распределительной и регулирующей аппаратуры». Результаты демонстрируют работоспособность предложенного инструментария и его применимость для обоснования управленческих решений в условиях неполноты и неточности информации.

Ключевые слова: моделирование; управление; оптимизация; нечеткие модели; ценообразование; индекс Лернера; эластичность спроса; прибыль

I. ВВЕДЕНИЕ

При построении моделей отдельных показателей не всегда в открытом доступе существуют достаточные данные, которыми можно оперировать. В реальном мире из-за случайных процессов и неполноты информации практически все системы являются стохастическими, что позволяет использовать нечеткую логику, которая формализует лингвистические и качественные оценки при исследовании сложных систем и построении их моделей.

II. ОБЗОР

Методы мягких вычислений представляют собой совокупность таких подходов, как нечеткая логика и другие эвристические методы. Ключевым преимуществом этих подходов является возможность взаимодействовать с данными, которые являются неточными или неполными, такими как финансовая отчетность организаций, что актуально для задач управления.

В реальном мире из-за случайных процессов и неполноты информации практически все системы являются стохастическими, что позволяет использовать нечеткую логику, которая формализует лингвистические и качественные оценки при исследовании сложных систем.

Неопределенность в построении моделей кроется не только в недостатке информации, но и в ее избытке. Источниками избыточной информации являются уже имеющиеся знания, а также работы, не представляющие академической ценности [1].

Дополнительную сложность в построении адекватных моделей служит задача выбора информативных переменных. Решение этой задачи сильно влияет на структуру модели. Оценка информативности входных данных, позволяет фактически установить пространство входных переменных исследуемой системы.

В теории управления немаловажно уделять внимание синтезу математических моделей и алгоритмов управления, действующих на объект управления [2].

В результате развития технологий, в частности искусственного интеллекта, теория нечетких множеств, предложенная Л. Заде [3, 4] снова актуализировалась. В результате чего появилось новое направление моделирования, такое как мягкие вычисления [5].

Авторы применяют мягкие вычисления для управления безопасностью в авиации [6], основываясь на натуральных показателях номинальной деятельности организационного объекта, что также применимо касательно управления ценами на предприятиях.

В целом нечеткая логика может быть применима в абсолютной любой области человеческой деятельности, как основа систем поддержки принятия решений [7]. Большим плюсом является применение методов нечеткой логики в условиях, когда традиционные методы анализа не обладают должной эффективностью из-за присутствия человеческого фактора или изменения отраслевой конъюнктуры [8].

Прогнозирование изменения цен посредством нечеткой логики позволяет учесть различные сценарии развития, для принятия рациональных решений в рамках задач управления [9].

III. МОДЕЛЬ

В задачах принятия управленческих решений в условиях неопределенности ключевая проблема заключается в том, что точные значения некоторых параметров остаются неизвестными. Такие значения могут оцениваться экспертно или быть неизвестными. В связи с этим, используя нечеткую логику можно не рассматривать подобные значения как фиксированные величины.

Представим, что цена товара это не просто число, а ощущение. Она может быть высокой средней либо низкой. Описывая это с помощью функции принадлежности можно показать, насколько сильно цена похожа на «высокую» или «низкую».

Спрос в свою очередь зависит от цены и чувствительности покупателей к изменениям этой цены, иными словами эластичности. Для этого нужно рассмотреть классическую формулу прибыли (1):

$$Pr(p) = P * Q(P) - vQ - F, \quad (1)$$

где Pr – прибыль, P – цена, Q – объем, v – переменные затраты на единицу продукции, F – постоянные затраты.

Используем понятие индекса Лернера [10]. Пользуясь формулой (2), обозначим $v/p = V$. Тогда:

$$L = 1 - v/p = 1 - V, \quad (2)$$

где L – индекс Лернера, V – переменные расходы в цене.

Формула эластичности по прибыли (3) выведена и описана в работах [11, 12, 13]:

$$E_{p-v} = \frac{p-v}{p} E = \left(1 - \frac{v}{p}\right) E = L E, \quad (3)$$

где E_{p-v} – эластичность прибыли, E – эластичность.

Условие максимизации прибыли (4) [12]:

$$E_{p-v} = 1. \quad (4)$$

IV. РЕШЕНИЯ ПРИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

При принятии управленческих решений, например, установление цены на продукцию, необходимо учитывать не только фактические показатели, но прогнозные оценки. В этих условиях большинство методов оптимизации, предлагают взаимодействие с точными входными данными, становятся малоэффективными. Одним из ключевых факторов при принятии решений о ценообразовании является ценовая эластичность спроса, которая показывает, как изменится объем спроса при изменении цены. В условиях неопределенности точная оценка эластичности затруднена, что делает целесообразным использование нечетких и вероятностных моделей. Вместо точного значения эластичности можно использовать нечеткие категории (5), к примеру:

- Высокая чувствительность к изменению цены.
- Умеренная чувствительность к изменению цены.
- Низкая чувствительность к изменению цены.

$$E_t = \{low, medium, high\} = \{E_{t1}, E_{t2}, E_{t3}\}, \quad (5)$$

где *low, medium, high* – лингвистические – значения категорий эластичности.

Нечетким множеством T , которое определено на некоторой предметной области E , которая выражается в числовом виде, описывает множество пар в формуле (6):

$$T = \{(\mu_l(E), E)\}, \forall E \in E \quad (6)$$

где $\mu(E)$ – функция принадлежности, определяющая степень принадлежности каждого элемента E множеству T .

Нечеткая логика основывается на представлении о том, что принадлежность элемента к множеству может быть не бинарной, а выражаться в виде степени принадлежности в интервале от нуля до единицы. Это позволяет моделировать размытые и неопределенные понятия. В отличие от классической логики, где переменные принимают значения «истина» или «ложь», нечеткая логика возвращает нас к оперированию лингвистическими терминами.

Цена, спрос и эластичность рассматриваются как нечеткие величины. Целевая функция прибыли также принимает нечеткий характер. Задача формулируется как поиск такого значения цены, при котором степень удовлетворенности критерия максимальной прибыли является наибольшей.

Однако, нечеткий подход к такой задаче имеет свои преимущества и недостатки, описанные в табл. I.

ТАБЛИЦА I. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ НЕЧЕТКОГО ПОДХОДА

	Описание	Использование
Преимущества	Возможность работы с неопределенными данными	Незнание числовых значений
	Учет экспертной оценки	Принятие управленческих решений на долгосрочную перспективу с учетом прогноза
	Гибкость и адаптивность моделей	Возможность подстраиваться под изменения рынка
	Приближенность к реальному процессу мышления человека	Неотрицательное значение объемов реализации товаров или услуг
Недостатки	Субъективность	Принятие решений на основе субъективной оценки
	Сложность в формализации базы правил	Невозможность однозначной интерпретации качественных показателей в количественные
	Экспертная оценка	Недостаточная квалификация эксперта
	Возможность избыточности интерпретаций	Одни и те же значения могут иметь разную качественную оценку

Перейдем к нечеткой модели:

$$P, Q \rightarrow \tilde{P}, \tilde{Q} \quad (7)$$

где \tilde{P} – нечеткая цена, \tilde{Q} – нечеткий спрос.

Обратимся к алгоритму действий при работе с моделями в нечеткой логике, описанному на рис. 1.

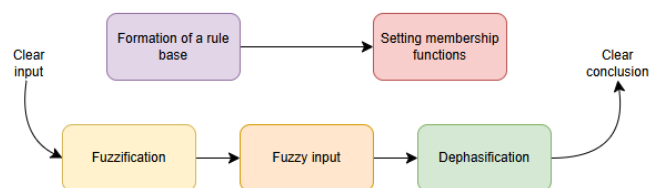


Рис. 1. Алгоритм действий при работе с моделями в нечеткой логике

Также опишем нечеткое представление переменных, вводя в нечеткой модели лингвистические переменные:

- $P \in \{ \text{low, medium, high} \}$
- $Q \in \{ \text{low, medium, high} \}$
- $Pr \in \{ \text{low, medium, high} \}$
- $E_{p-v} \in \{ \text{меньше 1, 1, больше 1} \}$

Определим функции принадлежности:

$$\mu_p(p), \mu_E(E), \mu_{Pr}(Pr), \mu_{E_{p-v}}(E_{p-v}), \quad (8)$$

где $\mu_p(p)$ – функция принадлежности для цены, $\mu_E(E)$ – функция принадлежности для эластичности, $\mu_{Pr}(Pr)$ – функция принадлежности прибыли, $\mu_{E_{p-v}}(E_{p-v})$ – функция принадлежности для эластичности по прибыли, $\mu \in [0,1]$.

Введем нечеткую модель спроса:

$$\tilde{Q} = F(\tilde{P}, \tilde{E}) \quad (9)$$

где \tilde{E} – нечеткая эластичность.

Формализуем:

$$\mu_Q(q) = \max [\min(\mu_p(p), \mu_E(E))], \quad (10)$$

Агрегируем и дефазифицируем:

$$\mu_{E_{p-v}}(E) = \max \mu_E(E). \quad (11)$$

Из чего можно вывести базу нечетких правил:

- Если $P=\text{высокая}$ И $E=\text{высокая} \Rightarrow E_{p-v} > 1$
- Если $P=\text{оптимальная}$ И $E=\text{средняя} \Rightarrow E_{p-v} = 1$
- Если $P=\text{низкая}$ И $E=\text{низкая} \Rightarrow E_{p-v} < 1$

Интерпретировать эту модель можно как:

- $E_{p-v} < 1$ – повышение цены увеличивает прибыль.
- $E_{p-v} = 1$ – оптимальная зона цены.
- $E_{p-v} > 1$ – повышение цены снижает прибыль.

V. ДАННЫЕ

В качестве исходных данных использованы открытые данные по финансовой отчетности российских организаций. Источником информации является сервис Государственного информационного ресурса бухгалтерской отчетности ФНС России [13] в общей сложности были обработаны 140 организаций из которых с ненулевой выручкой выделено 20 организации в период с 2019 по 2024 год. Организации выбирались по ОКВЭД2: 27.12 «Производство электрической распределительной и регулирующей аппаратуры».

ТАБЛИЦА I. РАСЧЕТЫ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ В ПЕРИОД С 2019 ПО 2024 ГОД.

Наименование	Выручка 2024	Полные затраты 2024	V
ООО "МЭШ"	10 415 980	8 360 660	0,7702
АО "НПОТЭЛ"	10 228 176	8 664 929	0,7942
ООО "НИИЭФА – ЭНЕРГО"	7 113 338	5 192 135	0,5988

Наименование	Выручка 2024	Полные затраты 2024	V
ООО "ПАРУС ЭЛЕКТРО"	2 188	27 117	0,9256
ПАО "ТЕНЗОР"	6 355 786	5 087 791	0,7829
ООО "ЧЭТА"	4 658 863	3 939 392	0,8270
ООО "МИРТЕК"	5 444 136	3 972 728	0,6649
ООО "СИСТЕМО-ТЕХНИКА"	3 682 284	3 364 816	0,7670
ООО "ЭЛТЕРА"	5 579 897	4 291 495	0,7557
ООО "ТЭМЗ"	3 014 402	2 652 283	0,8365
ООО НПП "ТЭК"	5 162 753	4 156 943	0,7786
АО "ЭЛЕКТРОН-МАШ"	4 125 825	3 712 444	0,8557
ООО "НПО "ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКА"	4 267 012	3 961 348	0,8959
АО "ИНТЕХКОМ"	3 633 838	3 515 709	0,9657
ООО "СЭЗЭМ"	3 911 774	3 063 082	0,7465
ООО "ЭП-А"	1 756 046	1 595 091	0,9604
АО "НИПОМ"	3 677 364	3 184 088	0,8057
ООО "ТСН-ЭЛЕКТРО"	2 269 479	2 161 222	0,7777
ЗАО "БАСТИОН"	3 335 019	3 240 255	0,9635
ООО "ШТИЛЬ ЭНЕРГО"	1 859 550	1 858 296	0,7993

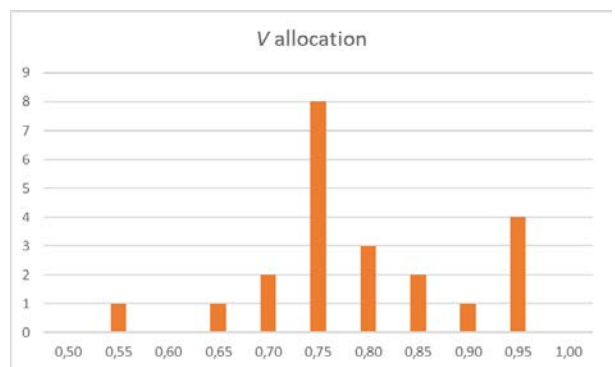


Рис. 2. Распределение значений V

Определение эластичности спроса является сложной задачей. В данной работе оценим экспертно диапазоны эластичности спроса для выбранной отрасли (направления) анализа: $E < 0,5$; $E = 1,0$; $E > 2,0$.

В работе [15] исследованы эластичности спроса кривые спроса на бытовую технику и электронику на основе показателей товарооборота двух крупнейших сетевых ретейлеров Поволжья. Выделено четыре ассортиментные группы, охватывающих 97 % выручки фирм: 1) телевизоры и жидкокристаллические панели; 2) крупногабаритная бытовая техника (холодильники, стиральные машины, посудомоечные машины); 3) электроника (смартфоны, планшеты, ноутбуки, компьютеры); 4) малогабаритная бытовая техника. Показано, что спрос на бытовую технику и электронику в целом низкоэластичный, поскольку коэффициент эластичности по абсолютной величине составляет от 0,07 % по крупногабаритной бытовой технике до 0,18 % по малогабаритной бытовой технике.

На основании распределения множества принадлежности переменных затрат v (и связанного с этим коэффициента Лернера) и эластичности E , построим матрицу множества принадлежности E_{p-v} (рис. 3).

$v \backslash E$	$\mu_E(E < 0,5)$	$\mu_E(E = 1,0)$	$\mu_E(E > 4,0)$
$\mu_v(v > 0,90)$	$\mu(E_{p-v} < 1)$	$\mu(E_{p-v} < 1)$	$\mu(E_{p-v} < 1)$
$\mu_v(v = 0,75)$	$\mu(E_{p-v} < 1)$	$\mu(E_{p-v} < 1)$	$\mu(E_{p-v} = 1)$
$\mu_v(v < 0,60)$	$\mu(E_{p-v} < 1)$	$\mu(E_{p-v} < 1)$	$\mu(E_{p-v} > 1)$

Рис. 3. Матрица множеств принадлежности результата

Из расчетов видно, что значение E_{p-v} меньше единицы для выбранных организаций из отрасли. Если обращаться к базе нечетких правил, то можно сделать вывод о том, что на предприятиях цены «низкие». Это дает рекомендации повышения цен для увеличения прибыли.

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная нечеткая модель позволяет учитывать неопределенность в оценке спроса, а также использовать экспертную оценку для нахождения оптимальной цены и напрямую связывать прибыль с изменением цены через эластичность.

В силу неопределенности E модель почти наверняка тяготеет в сторону более высоких цен и низких количеств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Пашенко Ф.Ф. Введение в состоятельные методы моделирования систем. Ч. 1: Математические основы моделирования. М.: Финансы и статистика, 2006. 328 с.

[2] Пашенко Ф.Ф. Введение в состоятельные методы моделирования систем. Ч. 2: Идентификация нелинейных систем. М.: Финансы и статистика, 2007. 288 с.

[3] Zadeh L.A. Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 1973. Vol. SMC-3, № 1. P. 28–44.

[4] Zadeh L.A. Fuzzy sets // Information and Control. 1965. Vol. 8. № 3. P. 338–353.

[5] Заболоцкая В.В. Методы диагностики и прогнозирования кредитоспособности субъектов МСП с применением искусственного интеллекта // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. 2024. Т. 24, № 3. С. 294–311.

[6] Плотников Н.И. Ресурсный метод мягких вычислений в стратегическом управлении авиакомпании // Проблемы безопасности полетов. 2023. № 7. С. 10-30. DOI 10.36535/0235-5000-2023-07-2.

[7] Досин А.И., Елопов Г.А., Русина Н.В. Нечеткая логика и ее применение в экономике. 2024.

[8] Чирков А.С., Глухова Л.В. Детерминанты и особенности применения инструментов нечеткой логики современными хозяйствующими субъектами в разных отраслях экономики // Reports Scientific Society. С. 5.

[9] Катаев Д.В. Применение туманных вычислений в экономике // Управленческий учет. 2025. № 2. С. 82–92.

[10] Лернер А.П. Понятие монополии и измерение монопольной власти // Вехи экономической мысли. Т. 5: Теория отраслевых рынков / под общ. ред. А.Г. Слуцкого. СПб.: Экономическая школа, 2003. С. 536–566.

[11] Dranko O.I., Belova A.S. On Rational Decisions under Different Criteria: Profit Pricing Policy // Proceedings of the 6th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA2024). Липецк: IEEE, 2024. С. 240–243.

[12] Dranko O.I., Belova A.S. Method of Determining the Demand Curve for an Oligopolistic Market // Proceedings of the 7th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA2025). Липецк: ЛГТУ, 2025. С. 594–598.

[13] Dranko O.I., Belova A.S. Price Optimization Method for Highly Technological Products // Proceedings of the 2025 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon). Сочи: IEEE, 2025. С. 822–826.

[14] Государственный информационный ресурс бухгалтерской (финансовой) отчетности. Федеральная налоговая служба Российской Федерации. отчетность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bo.nalog.gov.ru/> (дата обращения: 03.03.2026).

[15] Гераськин М.И., Манахов В.В. Анализ кривых спроса на товарных и финансовых рынках монополистической конкуренции // Актуальные проблемы экономики и права. 2016. № 2. С. 80–92.